

海温和气象因子对洪家渡水电站月径流量的影响

葛朝霞¹,顾月红¹,曹丽青¹,强学民²

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098;2. 南京大学大气科学系,江苏 南京 210093)

摘要 利用逐步回归的方法,考虑海温和气象因子的作用,设计了 3 种预报方案,建立了洪家渡水电站月径流量的预报模型,并进行了对比分析研究.结果表明:考虑海温因子与气象因子组合的逐步回归方案预报效果最佳,具有实用价值.最重要的 3 项影响因子是 72.5°N,157.5°W ~ 160°W 海区的海温、东亚槽位置以及编号台风数.

关键词 水电站;海温因子;气象因子;月径流量;预报模型

中图分类号 TV121 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2006)06-0606-04

洪家渡水电站位于贵州省黔西县与织金县交界的乌江支流北源六冲河下游河段,是乌江干流梯级开发的龙头水电站,也是国家西电东送首批电源项目启动工程.随着电力体制改革的深入,电力市场将逐步规范,进一步发挥梯级电站联合优化调度的优势,创造良好的经济效益是非常必要的.

洪家渡水电站地处云贵高原东坡地区,属于亚热带季风气候,受到中低纬天气系统共同作用,影响降水的因子十分复杂.早在 20 世纪 50 年代,吕炯^[1]就指出太平洋海温异常影响我国长江流域的降水.许多研究也表明,太平洋不同海区(如赤道东太平洋、黑潮区、西太平洋暖池区)以及赤道印度洋海区的海温异常与我国不同地区的降水存在着年代际相关的差异^[2-7];海温对江淮流域的降水和黄河下游降水有显著的影响^[8-9];贵州夏季降水多雨年和少雨年在前期北太平洋海温场上也表现出不同的特征^[10].

本文详细分析了海温和气象因子对径流量的影响,采用逐步回归方法,选取不同类型因子组合建立预报模型,通过对比分析寻找精度较高的预报模型.该模型能提高洪家渡水电站的月径流量的拟合预报精度,为水电站优化调度提供可靠的依据.

1 资料与方法

1.1 资料

资料包括:(a)1951~1999 年洪家渡各月径流量;(b)1951~1999 年的 74 项气象因子逐月值;(c)1951~1999 年的逐月海温格点资料(90°E~80°W,12.5°S~87.5°N,格距 2.5°×2.5°,共计 3 157 个格点).

1.2 方案

首先计算洪家渡各月径流量与各因子(包括海温、气象因子)超前 1~5 年的相关系数^[11],通过 $\alpha=0.05$ 的 t 检验,初选出预报因子;再分别用所选出的海温因子、气象因子及海温气象因子的组合,通过逐步回归的方法构筑成 3 种预报方案,建立 3 组预报方程,并通过 $\alpha=0.01$ 的 F 检验.

a. 海温因子的预报方案(简称方案 A).在所取海区范围内,分别计算各网格点上海温与逐月径流量的相关系数(计算过程中,流量序列固定,海温序列相对提前 1~5 年),筛选出相关系数大于或等于 0.5 的海温序列,并对能够连成片的格点海温求平均值,得到该海区的海温序列.最终共挑选出 77 个海温序列参加逐步回归计算,得到包含海温、气象因子的月径流量预报方程.

b. 气象因子的预报方案(简称方案 B).将通过相关分析初选出的气象因子代入逐步回归方程,得到以 74 项气象环流指数为预报因子的月径流量预报方程.

收稿日期 2006-04-06
基金项目 国家自然科学基金重点资助项目(40233037) 国家自然科学基金资助项目(90211011)
作者简介 葛朝霞(1954—),女,江苏溧水人,教授,主要从事水文气象研究.

c. 海温、气象因子组合的预报方案(简称方案 C). 将相关分析挑选出来的海温因子和气象因子代入逐步回归方程计算,得到包含海温、气象因子的月径流量预报方程.

2 预报方案的挑选

2.1 预报方案分析

利用以上 3 种预报模型,分别对 1956 ~ 1999 年洪家渡逐月径流量进行拟合预报. 定义 相对误差 = (预报值 - 实测值)/实测值,以相对误差小于或等于 30% 作为预报合格. 3 种方案的拟合预报合格率见表 1.

表 1 3 种方案拟合预报合格率
Table 1 Qualification ratio of forecast result of monthly runoff by three schemes

方案	拟合预报合格率/%												平均
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
方案 A	100	100	97.7	84.1	75.0	84.1	86.4	77.3	88.6	97.7	97.7	100	90.7
方案 B	100	100	100	84.1	88.6	90.9	90.9	84.1	84.1	97.7	97.7	100	93.2
方案 C	100	100	100	93.2	93.2	93.2	93.2	93.2	100	100	100	100	97.2

由表 1 可知,方案 C 的预报效果最好,其平均拟合预报合格率可达 97.2%,明显高于方案 A 的 90.7% 和方案 B 的 93.2%. 3 种方案在枯水期中的 1,2 月和 12 月拟合预报效果相近,而 3 ~ 11 月的拟合效果存在明显差异,具体表现为:考虑了海温与气象因子组合的 C 方案预报效果最好,平均拟合预报合格率达到 96.2% (A 方案的平均拟合预报合格率为 87.6%, B 方案的平均拟合预报合格率为 90.9%).

图 1 给出了 3 种不同方案 5 月和 9 月洪家渡水电站月径流量的拟合预报效果.

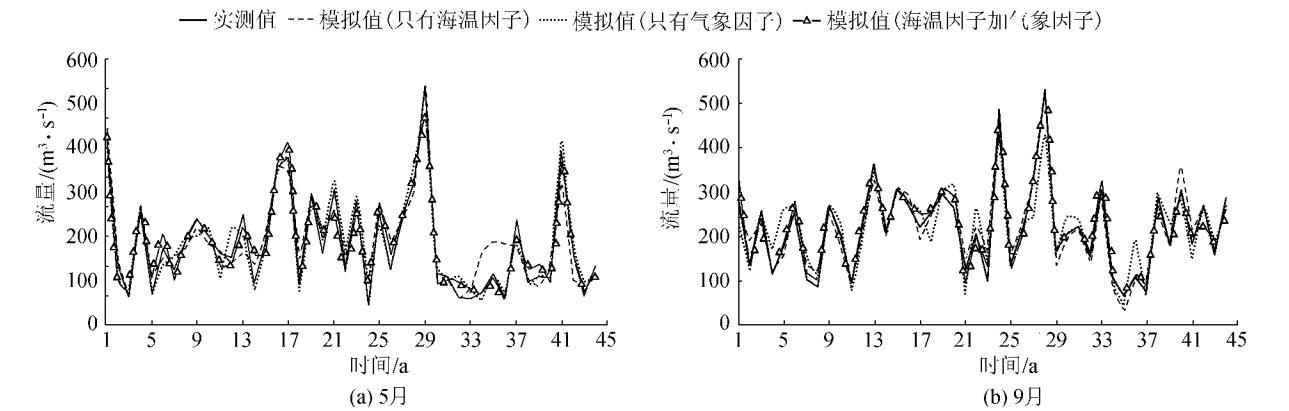


图 1 洪家渡水电站月径流量拟合预报

Fig.1 Fitting graph of monthly runoff for May and Sep. of Hongjiadu Hydropower Station

由图 1 可知,两类因子的组合能更精确地模拟出洪家渡水电站 5 月和 9 月的月径流量. 模型分析结果表明,洪家渡水电站月径流量除了受 74 项气象因子的影响外,海温因子的影响也非常大,月径流量预报应该综合考虑这两类因子的影响.

2.2 确定预报方案

根据上述拟合预报结果分析,决定采用方案 C(即 77 项海温因子 + 74 项气象因子)作为洪家渡水电站月径流量的预报方案.

3 C 方案逐步回归方程及影响因子分析

3.1 回归模型

考虑海温和气象因子对洪家渡水电站月径流量的影响,通过逐步回归,分别建立 1 ~ 12 月的预报方程,其中 1 月和 7 月的预报方程和预报因子见表 2.

表 2 洪家渡水电站 1 月和 7 月预报方程和预报因子分析

Table 2 Forecasting equation and forecasting factor analysis for monthly runoff of Jan. and Jul. of Hongjiadu Hydropower Station

月份	预报方程	选入方程的因子
1 月	$y = 3\,279.07 - 0.72x_1 - 7.12x_2 - 0.01x_3 + 0.39x_4 - 4.476x_5 + 2.07x_6 - 0.91x_7 - 0.31x_8$	$x_1(129,6,-4)$; $x_2(16,4,-3)$; $x_3(90,8,-3)$; $x_4(141,7,-3)$; $x_5(6,1,-1)$; $x_6(8,1,-1)$; $x_7(42,4,-1)$; $x_8(142,5,-1)$
7 月	$y = 4\,946.84 + 18.64x_1 + 4.3x_2 + 2.97x_3 - 5.08x_4 + 5.2x_5 - 14.98x_6 - 3.49x_7 - 2.7x_8 + 1.21x_9 - 4.93x_{10} - 24.5x_{11} + 34.1x_{12}$	$x_1(115,6,-5)$; $x_2(138,6,-5)$; $x_3(144,10,-4)$; $x_4(146,5,-4)$; $x_5(146,10,-3)$; $x_6(110,9,-3)$; $x_7(139,10,-3)$; $x_8(126,8,-2)$; $x_9(127,12,-2)$; $x_{10}(131,11,-2)$; $x_{11}(53,9,-1)$; $x_{12}(149,8,-1)$

表 2 中最后一列括号中的数值依次表示预报方程中因子 x 的含义,首项数值为预报因子编号(77 及 77 之前都是海温因子,77 以后是气象因子)第 2 项表示预报因子出现的月份 第 3 项表示预报因子与预报对象提前相关的年数.例如,1 月的预报方程中, $x_1(129,6,-4)$ 表示与洪家渡 1 月径流量提前 4 年相关的第 129 号因子 6 月份所对应的数值(129 号因子代表太平洋区极涡强度指数); $x_2(16,4,-3)$ 表示与洪家渡 1 月径流量提前 3 年相关的第 16 号因子 4 月份所对应的数值,代表 7.5°N,137.5°E 地区的海温.

3.2 影响因子分析

表 3 给出了选入各月预报方程的海温因子所对应的位置.

表 3 选入 C 方案 1~12 月回归方程的海温因子所对应的位置

Table 3 Positions of sea surface temperature factor selected in regression equations for Jan. to Dec. in scheme C

因子序号	位置	因子序号	位置	因子序号	位置
6	5°S~7.5°S,120°E~125°E	31	72.5°N,157.5°W~160°W	52	40°N,175°E~177.5°E
7	15°N,115°W	34	50°N,90°W~92.5°W	53	45°N~47.55°N,172.5°E~180°E
8	40°N,165°E	36	30°N,165°W	55	42.5°N~45°N,125°W
11	0°N~2.5°N,122.5°E	37	57.5°N,147.5°E~150°E	56	0°S~2.5°S,87.5°W~97.5°W
16	7.5°N,137.5°E	38	47.5°N~57.5°N,145°E~150°E	60	72.5°N,130°W
17	16°N,82.5°W	39	57.5°N,85°W	62	80°N,100°E~107.5°E
18	55°N,137.5°E	42	50°N,175°W	63	87.5°N,92.5°W~95°W
22	72.5°N,165°E~177.5°E	44	2.5°N,120°W	64	35°N~37.5°N,122.5°E
24	15°N,155°W	47	27.5°N,80°W	67	67.5°N,167.5°W
26	22.5°N~25°N,145°W~152.5°W	48	0°N~2.5°N,120°E~125°E	76	37.5°N,122.5°E

对各月回归方程分析表明:151 项因子中有 88 项因子对洪家渡水电站的月径流量有影响,其中有重要影响的因子 3 项,分别是 31,142 和 148 号.31 号因子是海温因子,代表北冰洋南部(72.5°N,157.5°~160°W 海区)的海温,主要对 2,3,4,10 月的径流量产生影响,并且呈明显的负相关,即提前 1 年的 10 月海温偏高(低),则 2,3,4,10 月的月径流量偏少(多);42 号因子是东亚槽位置,主要对 1,4,8,9 月的径流量产生影响,即提前 1 年的 5 月东亚槽位置偏东(西),则 1 月径流量偏少(多),提前 5 年的 11 月东亚槽位置偏东(西),则 4 月径流量偏少(多),提前 4 年的 4 月东亚槽位置偏东(西),则 8,9 月径流量偏多(少);148 号因子为编号台风,代表编号台风数目的多少,主要影响 3,8,12 月的径流量,与径流量呈正相关,即提前 1 年的 3 月台风偏多(少),则 3 月径流量偏多(少),提前 3 年的 5 月台风偏多(少),则 8 月径流量偏多(少),提前 2 年的 2 月台风偏多(少),则 12 月径流量偏多(少).

另外,第 22 号(代表北冰洋中南部东西伯利亚海 72.5°N,165°~177.5°E 海区的海温)因子、第 76 号(代表黄海海域 37.5°N,122.5°E 的点海温)因子,反映北大西洋副高脊线的 109 号因子、反映西太平洋副高脊线的 110 号因子、反映极涡强度的 126,127,128,131,134 号因子、反映东亚大槽强度的 143 号因子、反映印缅槽的 146 号因子及反映北非副高北界的 112 号因子,都会对洪家渡水电站不同月份的径流量产生重要影响.

4 结 语

研究结果表明,结合海温和气象因子方案 C 的拟合预报效果是最为理想的,这表明海温和气象因子对洪家渡月径流量都有重要影响.其中北冰洋中南部东西伯利亚海某些区域的海温及黄海海域的点海温对洪家渡水电站月径流量有较大的影响.此外,还有 6 类天气系统对洪家渡月径流量有较大影响,分别是西太平

洋副热带高压、北大西洋副高、台风、极涡东亚槽、印缅槽和北非副热带高压.逐步回归方法建立了包含气象环流和海温因子的 1~12 月的预报方程,总体来说拟合预报精度较高.而汛期由于受到各方面不确定因素影响,情况非常复杂,所以精度略低于非汛期.该 12 个月的拟合预报方程可以用于洪家渡月径流量实际预报,以期得到较好的经济效益.

参考文献：

[1] 吕炯.海温异常与水旱问题[J].气象学报,1950,21(1):1-15.
[2] 李崇银,咸鹏.北太平洋海温年代际变化与大气环流和气候的异常[J].气候与环境研究,2003,8(3):258-273.
[3] 陈烈庭,吴仁广.太平洋海温异常对中国东部夏季雨带类型的共同影响[J].大气科学,1998,22(5):718-726.
[4] 李崇银,朱锦红,孙照渤.年代际气候变化研究[J].气候与环境研究,2002,7(3):209-219.
[5] 陈艺敏,钱永甫.西太平洋暖池海温对华南汛前降水影响的数值试验[J].热带气象学报,2005,21(1):13-23.
[6] 龚振淞,何敏.长江流域夏季降水与全球海温关系的分析[J].气象,2006,32(1):56-61.
[7] 邱荣员,汪榕.赤道及北太平洋海温与长江上游水文特征的关系[C]//章淹,黄忠恕,范钟秀,等.长江三峡致洪暴雨与洪水的中长期预报.北京:气象出版社,1993:273-280.
[8] 章淹.1983 年长江流域的异常大雨与海温异常[J].海洋学报,1985,7(1):21-23.
[9] 葛朝霞.黄河下游降水与海温的关系[J].河海大学学报:自然科学版,2001,29(4):19-22.
[10] 许丹,王瑾.贵州夏季降水场与北太平洋海温场的非同步相关研究[J].贵州气象,2000,24(1):3-7.
[11] 魏风英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999:20-36.

Influences of sea surface temperature and meteorological factors on monthly runoff of Hongjiadu Hydropower Station

GE Zhao-xia¹, GU Yue-hong¹, CAO Li-qing¹, QIANG Xue-min²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China ;

2. Department of Meteorology Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract In consideration of the influences of sea surface temperature and meteorological factors, three kinds of schemes for forecasting the monthly runoff were designed, and a forecasting model for the monthly runoff of Hongjiadu Hydropower Station was developed by use of the stepwise regression method. The comparative analysis of the forecast results shows that the effect of the scheme with both sea surface temperature and meteorological factors taken into account is the best, and therefore, the scheme is of high applicability. It is also demonstrated that the sea surface temperature in the area of 72.5°N and 157.5°-160°W, the position of Asiatic trough and numbered typhoons are the most important influencing factors.

Key words hydropower station ; sea surface temperature factor ; meteorological factor ; monthly runoff ; forecasting model